

# 基于物联网的叉车安全监控管理系统设计

王 丹

河南省特种设备检验技术研究院有限公司 河南 南阳 473000

**摘 要:** 针对工业叉车作业安全隐患突出、传统管理效率低下等问题,设计基于物联网的叉车安全监控管理系统。融合物联网、嵌入式、数据处理与可视化技术,采用感知层、网络层、应用层三层架构,实现叉车运行参数实时采集、安全预警、权限管理及远程管控。通过STM32、高精度传感器等硬件选型与软件模块开发,完成系统集成调试,经验证,系统数据采集精准、响应迅速,可防范安全事故、降低管理成本,适配工业复杂场景,具备较高实用价值与推广前景。

**关键词:** 基于物联网;叉车;安全监控;管理系统设计

**引言:** 叉车作为工业生产与物流搬运的核心设备,作业流动性强、环境复杂,超速、超载、碰撞等违规操作易引发安全事故,传统“人工盯防”模式存在监管盲区、响应滞后等弊端。随着物联网技术普及,特种设备智能化监管成为趋势。为破解叉车安全管理痛点、落实安全生产要求,推动管理模式从被动处置向主动预防转变,本文设计一套基于物联网的叉车安全监控管理系统,实现叉车全生命周期智能化、精细化监管。

## 1 系统相关技术基础与需求分析

### 1.1 核心技术基础

(1) 物联网技术:感知层通过传感器、RFID实现叉车运行参数与位置信息采集,是数据获取核心;网络层选用ZigBee、WiFi及ESP模块,兼顾传输稳定性与成本,适配工业现场环境;应用层实现数据解析与指令下发。选型依据结合工业作业场景,优先选择抗干扰强、性价比高的成熟技术与模块。(2) 嵌入式技术:STM32、树莓派作为核心控制器,基于单片机工作原理,在叉车监控系统中承担核心任务,STM32负责实时数据采集与简单处理,树莓派实现数据整合与传输,通过串口通信等机制,完成采集、处理、传输的闭环,保障数据实时性。(3) 数据处理与可视化技术:采用时序数据库存储实时与历史数据,通过简单算法完成数据统计分析;Web端与移动端采用轻量化可视化技术,直观展示叉车运行状态,支持历史数据查询,满足管理人员实时监控需求。

### 1.2 系统需求分析

(1) 功能需求:实现叉车速度、载重、位置等运行状态实时监测,精准捕捉异常数据;具备超速、超载、碰撞、故障等安全预警功能,可通过声光、消息推送提醒相关人员;完善人员权限分级管理,区分管理员、操作员权限;支持数据统计分析、远程启停管控及故障一键上报,覆盖叉车全生命周期管理。(2) 性能需求:确

保数据采集精度符合工业标准,传输延迟控制在合理范围,系统响应迅速;具备较强的稳定性与兼容性,可适配不同型号叉车及工业复杂作业环境,严格保障监测终端可用度不低于90%,满足全天候不间断监控需求。(3) 安全需求:采用加密算法保障数据传输与存储安全,防止数据泄露、篡改;落实用户身份认证与权限管控,杜绝越权操作;提升系统抗电磁、粉尘干扰能力,严格遵循GB/T22239第二级安全保护等级要求,保障系统安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

### 1.3 系统可行性分析

(1) 技术可行性:物联网、嵌入式、数据处理相关技术已趋于成熟,相关硬件设备性价比高、易采购,技术方案贴合实际需求,无需复杂技术突破,可快速落地实施并完成调试。(2) 经济可行性:系统硬件选型兼顾成本与性能,有效控制开发、采购及运维成本;投入使用后,可减少叉车安全事故损失,降低人工巡检、管理成本,长期运行可产生显著的经济效益。(3) 操作可行性:系统界面设计简洁直观,操作流程便捷,贴合企业管理人员与叉车操作人员的使用习惯,无需专业技术培训,相关人员可快速上手操作,降低使用门槛。

## 2 基于物联网的叉车安全监控管理系统总体设计

### 2.1 系统总体架构设计

(1) 架构设计原则:严格遵循实用性、可靠性、可扩展性、经济性、安全性五大核心原则。实用性聚焦企业实际作业需求,避免冗余功能,确保设计方案落地可行;可靠性通过选用成熟技术与硬件,保障系统全天候稳定运行,减少故障发生率;可扩展性预留接口,适配未来技术升级与功能拓展;经济性兼顾成本与性能,优先选择高性价比硬件与开源软件,控制开发与运维成本;安全性落实数据加密、权限管控,防范数据泄露与非法操作,结合企业实际需求与物联网技术发展趋势,确保

系统长期稳定服务于叉车安全监控。(2) 三层架构设计: 采用感知层、网络层、应用层的三层架构, 各层分工明确、协同工作。感知层作为数据采集核心, 由传感器、RFID、定位模块等组成, 负责采集叉车运行参数、人员信息及环境数据; 网络层由通信模块、网关设备构成, 承担数据传输任务, 将感知层采集的数据实时传输至应用层, 保障数据传输的稳定性与实时性; 应用层由服务器、监控终端组成, 负责数据处理、可视化展示、安全预警及远程管控, 明确各层组成单元与核心功能, 绘制系统总体架构图, 清晰呈现各层数据流向与交互关系。

## 2.2 系统硬件总体设计

(1) 硬件总体构成: 主要包括叉车终端硬件、网关设备、服务器、监控终端四大类。叉车终端硬件集成嵌入式控制器、传感器模块、定位模块、通信模块、报警模块, 嵌入式控制器作为核心枢纽, 连接各模块并协调工作; 网关设备实现多终端数据的汇聚与转发, 搭建叉车终端与服务器的通信桥梁; 服务器用于数据存储、分析与处理, 支撑系统核心功能运行; 监控终端包括电脑、手机, 供管理人员实时查看叉车状态与操作管控。各硬件通过无线与有线结合的方式连接, 形成完整的硬件传输链路, 明确各设备的连接接口与通信协议。(2) 硬件选型: 结合系统需求与工业作业环境选型, 嵌入式控制器选用STM32F103系列, 性价比高、功耗低, 适配工业场景的数据处理需求; 传感器选用高精度速度传感器、压力式载重传感器、倾角传感器及超声波传感器, 精度分别达到 $\pm 0.1\text{km/h}$ 、 $\pm 1\%\text{FS}$ 、 $\pm 0.5^\circ$ , 满足参数采集精度要求; 定位模块选用GPS/北斗双模模块, 定位精度 $\leq 5\text{m}$ , 实现叉车实时位置定位; 通信模块选用ZigBee与ESPWi-Fi双模模块, ZigBee适配短距离多设备通信, Wi-Fi保障远距离传输, 选型依据贴合工业环境抗干扰、低功耗、高稳定性需求, 明确各硬件核心参数指标。

## 2.3 系统软件总体设计

(1) 软件总体架构: 分为终端软件、网关软件、服务器软件、客户端软件四大模块, 各模块协同联动。终端软件为嵌入式程序, 部署于叉车终端, 负责数据采集与本地处理; 网关软件用于数据格式转换与汇聚转发, 保障数据兼容与传输稳定; 服务器软件部署于后端服务器, 承担数据存储、分析与业务逻辑处理; 客户端软件分为Web端与移动端, 供用户操作使用。明确各软件模块的功能边界与交互逻辑, 实现数据从采集、传输到处理、展示的全流程闭环。(2) 软件核心模块划分: 划分为七大核心模块, 各模块各司其职。数据采集模块负责采集叉车运行、人员及环境数据; 数据传输模块实现各设备间

的数据交互; 数据存储模块负责数据持久化存储与管理; 安全预警模块实时监测异常数据并触发预警; 人员管理模块实现用户身份认证与权限分级; 数据可视化模块将数据以图表形式直观展示; 故障管理模块记录故障信息并支持故障上报与处理, 概述各模块核心功能, 明确模块间的协同关系。

## 2.4 系统数据库设计

(1) 数据库设计原则: 遵循一致性、完整性、安全性、可扩展性四大原则。一致性确保数据格式统一、逻辑一致, 避免数据冲突; 完整性保障数据准确无误, 防止缺失与异常; 安全性通过数据加密、权限控制, 保护数据安全; 可扩展性预留字段与表结构, 适配未来数据量增长与功能拓展, 全面适配系统数据存储、查询与分析需求。(2) 数据库表设计: 设计五大核心数据表, 用户表存储用户ID、姓名、权限等信息; 叉车信息表记录叉车编号、型号、额定载重等基础信息; 运行状态数据表存储叉车实时运行参数与位置数据; 预警信息表记录预警类型、时间、处理状态等; 故障信息表存储故障代码、故障描述、处理结果等。明确各表的字段名称、数据类型与长度, 建立表间关联关系, 绘制数据库ER图, 清晰呈现各表的关联逻辑, 保障数据查询与统计高效便捷。

## 3 系统软硬件详细设计与实现

### 3.1 系统硬件详细设计与实现

(1) 感知层硬件设计: 传感器模块采用模块化电路设计, 速度传感器、载重传感器、倾角传感器及超声波传感器通过GPIO接口与嵌入式控制器连接, 接线采用防干扰屏蔽线, 避免工业环境电磁干扰, 精准采集叉车运行速度、载重数据、车身倾斜角度及周围障碍物距离; RFID模块选用高频RFID读卡器, 设计专用接口电路, 安装于叉车驾驶室及作业区域出入口, 实现操作人员身份识别与叉车进出指定区域的实时监测, 确保作业人员资质合规。(2) 网络层硬件设计: 通信模块电路采用ESPWi-Fi与ZigBee双模设计, 优化电源管理电路降低功耗, 通过串口与嵌入式控制器连接, 实现采集数据的无线传输; 网关设备选用工业级网关, 搭建数据汇聚转发电路, 集成数据缓存模块, 可在网络中断时临时存储数据, 网络恢复后自动同步, 采用TCP/IP协议保障数据传输的稳定性与实时性, 实现叉车终端与服务器的通信。(3) 硬件调试: 先对各硬件模块单独调试, 检测传感器采集精度、RFID识别灵敏度、通信模块传输稳定性, 解决接线松动、信号干扰等问题; 再进行联合调试, 模拟工业作业场景, 测试各模块协同工作效果, 排查数据采集异常、传输中断等故障, 确保硬件系统整体运行正常, 满足设计指标。

### 3.2 系统软件详细设计与实现

(1) 终端嵌入式软件设计: 基于STM32控制器, 采用C语言编写程序, 分为数据采集、预处理、传输、本地报警四大模块。通过定时器触发传感器数据采集, 对采集的数据进行去噪、滤波预处理, 剔除异常数据; 采用中断机制优化程序运行效率, 降低设备功耗, 当检测到异常数据时, 触发本地声光报警, 同时将数据实时传输至服务器。(2) 服务器软件设计: 搭建Linux服务器环境, 采用Java语言开发核心程序, 实现数据接收、存储、分析与处理功能。通过Socket协议接收终端传输的数据, 对接数据库完成数据持久化存储, 运用简单统计算法对运行数据进行实时分析, 生成统计报表, 支持Web端、移动端多终端数据同步, 确保各终端数据一致性。(3) 客户端软件设计: Web端采用Vue框架开发, 移动端基于原生APP开发, 设计简洁直观的监控界面。实现叉车运行状态实时图表展示、安全预警弹窗提示、人员权限分级管理、历史数据查询与统计、远程启停管控等功能, 优化界面交互逻辑, 简化操作流程, 提升用户使用体验, 适配不同终端屏幕尺寸。

### 3.3 安全预警算法设计与实现

(1) 预警指标确定: 结合工业叉车作业行业标准与企业实际作业需求, 合理设定各类预警指标阈值。超速阈值设定为10km/h, 超载阈值根据叉车额定载重设定, 车身倾斜阈值不超过15°, 碰撞预警根据超声波传感器检测距离设定, 故障预警结合设备运行参数异常范围设定, 确保阈值科学合理, 贴合实际作业场景。(2) 预警算法实现: 设计基于阈值判断与趋势分析的双重预警算法, 实时对比采集数据与预设阈值, 同时分析数据变化趋势, 实现实时预警。采用分级预警机制, 轻度异常触发提醒预警, 中度异常触发警告预警, 重度异常触发强制干预, 如限制叉车运行速度, 结合简单AI算法优化碰撞、违规操作等危险行为识别精度, 有效降低误报率与漏报率。

### 3.4 系统集成与调试

(1) 系统集成: 将调试合格的硬件模块与软件模块进行集成, 搭建完整的系统原型。通过标准化接口实现硬件与软件的通信对接, 配置网络参数与数据传输协议, 确保感知层、网络层、应用层各模块协同工作, 实现数据采集、传输、处理、展示、预警的全流程闭环。(2) 系统调试: 对系统进行整体调试, 功能调试验证各模块功能是否达标, 性能调试测试数据传输延迟、系统响应速度等指标, 安全调试检测数据加密、权限管控效果, 排查系统运行过程中的软件bug、硬件故障及模块兼容性问题, 确保系统满足设计需求, 可稳定投入工业作业使用。

### 结束语

本文完成了基于物联网的叉车安全监控管理系统的设计与实现, 明确系统技术基础、需求及总体架构, 详细设计软硬件模块与安全预警算法, 通过集成调试验证了系统可行性与有效性。系统可精准监测叉车运行状态、及时预警安全隐患, 弥补传统管理不足。未来可优化预警算法精度、拓展多场景适配能力, 完善数据挖掘功能, 推动系统向更智能高效升级, 为工业叉车安全管理提供有力技术支撑。

### 参考文献

- [1]叶国云,储江,叶青云,董志.堆垛叉车安全监控管理系统设计与实现[J].工程机械,2021,52(03):63-67.
- [2]许景顺.浅析市场监管“放管服”背景下叉车安全监管的现状和思考[J].交通财会,2023,18(8):72-76.
- [3]张安宏.改进叉车安全监管工作的探讨[J].中国特种设备安全,2024,32(9):75-80.
- [4]李克奇.基于物联网的叉车设备远程监管平台设计与实现[J].山东大学报,2022,21(14):147-150.
- [5]邱志新,王义坤,吴媚.摸清底数加强监管——广州市叉车使用状况分析及对策[J].中国质量技术监督,2023,13(5):65-67.